

Sulfosales de Ag-Bi-Pb de Bustarviejo (Sierra de Guadarrama, Madrid)

Tomás MARTÍN CRESPO¹, Elena VINDEL² & José A. LÓPEZ GARCÍA²

¹ Dpto. Matemáticas y Física aplicadas y Ciencias de la Naturaleza, ESCET, Univ. Rey Juan Carlos, C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, (Madrid)

² Dpto. Cristalografía y Mineralogía, F. C.C. Geológicas, Univ. Complutense, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid

Abstract: Ag-Bi-Pb sulphosalts from the Sierra de Guadarrama (Bustarviejo, Madrid) have been first characterised in this work. The most abundant Ag-Bi-Pb sulphosalts have been classified as "schirmerite" in addition to the Ag-Bi sulphosalts (matildite) previously reported. A continuous compositional trend in the Pb-Ag-Bi minerals has been defined: pure galena, Ag-Bi-bearing galena, Ag-Bi-Pb sulphosalts, Ag-Bi sulphosalts and native bismuth. This trend suggests a mineralised fluids evolution characterised by impoverish in Pb and enrichment in Ag and Bi.

Key words: Sulphosalt, Sierra de Guadarrama, matildite, schirmerite, mineralisation

Resumen: En el presente trabajo se han identificado por primera vez en la Sierra de Guadarrama (Bustarviejo, Madrid) sulfosales de Ag-Bi-Pb, que se pueden clasificar como "schirmerita". Estas sulfosales son más frecuentes que otras sulfosales de Ag-Bi pobres en Pb (matilditas) definidas hasta el momento. Se ha determinado una variación composicional continua en los minerales de Pb-Ag-Bi: galena prácticamente pura, galena con cantidades apreciables de Ag y Bi, sulfosales de Ag-Bi-Pb, sulfosales de Ag-Bi y bismuto nativo. Este hecho sugiere un empobrecimiento en Pb a la vez que un enriquecimiento en Ag y Bi de los fluidos mineralizadores.

Palabras clave: Sulfosal, Sierra de Guadarrama, matildita, schirmerita, mineralización

Introducción

Las sulfosales de Ag-Bi de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central) fueron citadas por primera vez por Cánepa (1968) en la mina Mónica, Bustarviejo (Madrid). En este primer trabajo, fueron definidas como matilditas (AgBiS_2), y su presencia en Bustarviejo fue reiterada por P. Ramdohr en su manual sobre identificación de minerales opacos al microscopio y sus intercrecimientos (Ramdohr, 1969). La clasificación de estas sulfosales como matilditas (también denominadas schapbachitas) se confirmó en trabajos poste-

riores [Samper (1977), Vindel (1982) y Martínez Frías et al. (1984)]. Por otro lado, Mayor et al. (1986) también reconoció la presencia de matilditas en las mineralizaciones argentíferas de la zona de La Acebeda-Robregordo (Madrid), al Este de Bustarviejo. En estos trabajos, la clasificación de las sulfosales de Ag-Bi como matilditas atendió a criterios texturales (Cánepa, 1968; Ramdohr, 1969; Samper, 1977) o, posteriormente, a la interpretación de los análisis de microsonda electrónica (Vindel, 1982; Martínez Frías et al., 1984; Mayor et al., 1986).

Actualmente, el análisis de fases minera-

les utilizando microsonda electrónica con límites de detección más bajos, menor tamaño de haz de electrones y la posibilidad de obtener imágenes con electrones retrodispersados, permite una caracterización más exacta de las mismas. Un estudio de detalle sobre la mineralización de Bustarviejo sugiere la posibilidad de que las fases clasificadas anteriormente como matilditas correspondan en su mayoría a otras sulfosales de Ag-Bi. En el presente trabajo se han analizado 14 nuevas muestras de la mineralización de As-(Ag) de Bustarviejo, se han identificado nuevas sulfosales de Ag-Bi-(Pb) además de matildita y se han comparado con los datos publicados de la mineralización As-(Ag) de La Acebeda-Robregordo.

Sulfosales de Ag-Bi-Pb

Mineralizaciones

La mineralización de As-(Ag) de Bustarviejo rellena pequeños filonillos (<10cm) y cavidades que siguen una dirección predominante N30-35°E y que encajan en ortogneises bandeados de edad Pre-ordovícica (Martín Crespo et al., 2003). Tanto la roca de caja como las venas mineralizadas presentan una brechificación característica y se reconoce una importante sericitización y cloritización como resultado de la interacción fluido-roca. La mineralización está caracterizada por la circulación y precipitación de tres estadios hidrotermales: estadio I (As-Fe), constituido por arsenopirita, pirita I, moscovita y cuarzo I; estadio II (Zn-Cu-Sn), en el que se han formado esfalerita, calcopirita, pirrotina, estannita, y pirita II, y estadio III (Pb-Ag-Bi), representado por la presencia de galena, sulfosales de Ag-Bi, bismuto nativo y cuarzo II.

La zona de La Acebeda-Robregordo está caracterizada por la presencia de varios filones mineralizados de escasa potencia (inferior a 1 m), direcciones variables (N30-35°E, N80°E y N130°E) y buzamientos subverticales,

que encajan de manera discordante en gneises glandulares, y metasedimentos (Mayor et al., 1986). Son frecuentes los fenómenos de alteración hidrotermal tales como silicificación, caolinización y turmalinización. La asociación mineral es semejante a la de la mineralización de Bustarviejo, en donde se han identificado los mismos estadios hidrotermales: estadio I (As-Fe), con arsenopirita, pirita, pirrotina y cuarzo I; estadio II (Cu-Zn), con la presencia de esfalerita, calcopirita y freibergita, y estadio III (Pb-Ag-Bi), caracterizado por galena, pirargirita, matildita, bismuto nativo y cuarzo II.

En ambas mineralizaciones se reconoce un último estadio de alteración supergénica, que provoca la formación de marcasita, covellina, escorodita y goethita.

Estas mineralizaciones se caracterizan por el desarrollo de numerosas texturas e intercrecimientos entre sulfuros. Destacan en el estadio II la presencia de gotas y laminillas de calcopirita, estannita y pirrotina incluidas en esfalerita, así como gotas y estrellas de esfalerita y estannita en calcopirita. El estadio III está caracterizado por la presencia de sulfosales de Ag-Bi siempre asociadas a galena, en forma de granos subredondeados o de laminillas dispuestas según los planos (111) de la galena. Esta textura en enrejado se ha interpretado tradicionalmente como producto de procesos de exsolución (Ramdohr, 1969).

Caracterización de las sulfosales

Para la realización de los análisis del presente trabajo se ha utilizado la microsonda electrónica de la casa JEOL del Centro de Microscopía Luis Bru (Universidad Complutense de Madrid). Se empleó un voltaje de 20 kV, un haz de electrones de 1 mm, y galena, anglesita, niquelina, AsGa, HR-160 (Co-Ni-Cr), calcopirita, Zn, Mo, Ag, Cd, Sb, Bi₂Te₃, cinabrio y hutchinsonita como patrones.

Los datos de microsonda de las sulfosales de Ag-Bi llevados a cabo están recogidos en la Tabla 1. A partir de los análisis microscó-

picos y microanalíticos se han reconocido sulfosales de Ag-Bi-Pb, sulfosales de Ag-Bi, galena con cantidades apreciables de Bi y Ag, y bismuto nativo.

Sulfosales de Ag-Bi-Pb

Las sulfosales de Ag-Bi-Pb más frecuentes en la mineralización de Bustarviejo corresponden a composiciones ricas en Pb (23,23-31,50 %peso) y, de acuerdo con Cook (1998), se proyectan en el campo de schirmerita en el diagrama triangular Ag-Bi-Pb (Fig.1). El contenido en Ag de estas sulfosales oscila entre 8,10 y 12,05 %peso. Se trata de cristales o agregados de cristales con hábito tabular (Fig. 2a, 2b), siempre asociados a galena y que se diferencian de ésta por su fuerte anisotropía. Los datos de microsonda muestran una composición más o menos homogénea (Tabla 1) que, dentro del campo de schirmerita, se proyectan muy cercanas a los términos composicionales de tipo eskimoita, vikingita y/o gustavita (Fig.1).

Sulfosales de Ag-Bi

A diferencia de lo que se ha publicado hasta la fecha, en la mineralización de Bustarviejo las sulfosales sin Pb (matildita) son accesorias en comparación con aquellas ricas en Pb. En las 14 muestras estudiadas en este trabajo se han encontrado únicamente 4 granos que correspondan a verdaderas matilditas. Se trata de intercrecimientos de pequeñas laminillas de matildita con galena (Fig. 2c,d), que se disponen según las direcciones (111) de la misma, y que destacan por su elevada anisotropía. Su composición (Tabla 1; Fig. 1) es relativamente homogénea, con una proporción de hasta 3,29 %peso de Pb en las escasas matilditas encontradas en Bustarviejo. En los análisis que se realizaron en la mineralización de la Acebeda-Robregordo (Mayor et al., 1986) no figura el contenido en Pb. El contenido en Ag (>20 %peso) de las fases minerales que se pueden considerar verdaderas matilditas en Bustarviejo (Tabla 1, análisis 12 y 13), es

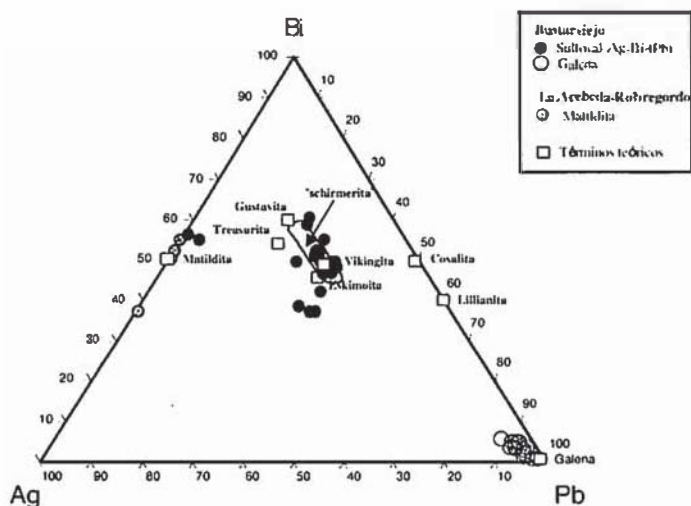


Figura 1.- Análisis de microsonda electrónica de las sulfosales de Ag-Bi-(Pb) de Bustarviejo y La Acebeda-Robregordo proyectados en el diagrama ternario Ag-Bi-Pb. Términos teóricos según Foord y Shawe (1989).

Tabla I. Análisis representativos obtenidos con microsonda electrónica (% peso) y fórmulas minerales calculadas de sulfosales de Ag-Bi-Pb de Bustarviejo y La Acebeda-Robregordo, y galena de Bustarviejo.

Análisis	Sulfosales Ag-Bi-(Pb)																	Galena		
	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Bust.	Aceb.	Aceb.	Aceb.	Aceb.	Bust.	Bust.	Bust.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)*	(15)*	(16)*	(17)*	(18)	(19)	(20)
Fe	0,00	0,05	0,05	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,02	0,05	0,01
Ag	8,54	8,90	8,82	9,76	9,60	8,10	11,73	10,08	8,55	10,55	12,05	21,41	22,54	28,18	26,68	24,90	36,47	1,01	1,11	0,00
Pb	31,50	26,41	29,15	25,61	27,52	25,84	31,41	25,72	29,90	29,66	23,23	3,29	1,14	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	81,88	81,31	85,57
Bi	44,39	46,73	45,62	48,13	45,81	49,25	39,35	47,39	45,26	43,12	46,26	55,53	56,17	55,13	56,10	57,35	42,98	3,10	3,69	0,20
S	16,03	16,29	16,06	16,54	16,36	16,66	15,80	16,29	16,06	16,26	16,54	17,09	17,08	16,68	17,22	17,75	20,55	13,53	13,57	13,35
Se	0,00	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,01	0,00	0,00
Te	0,15	0,10	0,16	0,11	0,15	0,19	0,16	0,11	0,14	0,17	0,14	0,12	0,16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,15	0,14	0,11
Total	100,61	98,51	99,90	100,20	99,48	100,06	98,46	99,60	99,96	99,79	98,23	97,47	97,10	99,99	100	100	100	99,70	99,87	99,24

Fórmula:

(1) $\text{Ag}_{0,95}\text{Pb}_{1,42}\text{Bi}_{2,54}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(6) $\text{Ag}_{0,86}\text{Pb}_{1,43}\text{Bi}_{2,71}(\text{S}_{5,98}\text{Te}_{0,02})$	(12) $\text{Ag}_{0,74}\text{Pb}_{0,06}\text{Bi}_{0,99}\text{S}_2$	(18) $\text{Pb}_{0,95}\text{Ag}_{0,02}\text{Bi}_{0,02}\text{S}$
(2) $\text{Fe}_{0,01}\text{Ag}_{0,97}\text{Pb}_{1,50}\text{Bi}_{2,63}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(7) $\text{Ag}_{1,12}\text{Pb}_{1,84}\text{Bi}_{2,39}(\text{S}_{5,98}\text{Te}_{0,02})$	(13) $\text{Ag}_{0,78}\text{Pb}_{0,02}\text{Bi}_{1,01}\text{S}_2$	(19) $\text{Pb}_{0,93}\text{Ag}_{0,02}\text{Bi}_{0,05}\text{S}$
(3) $\text{Ag}_{0,97}\text{Pb}_{1,68}\text{Bi}_{2,60}(\text{S}_{5,98}\text{Se}_{0,01}\text{Te}_{0,01})$	(8) $\text{Ag}_{1,10}\text{Pb}_{1,46}\text{Bi}_{2,67}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(14) $\text{Ag}_{1,00}\text{Bi}_{1,01}\text{S}_2$	(20) PbS
(4) $\text{Ag}_{1,05}\text{Pb}_{1,43}\text{Bi}_{2,67}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(9) $\text{Fe}_{0,01}\text{Ag}_{0,95}\text{Pb}_{1,73}\text{Bi}_{2,59}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(15) $\text{Ag}_{0,92}\text{Bi}_{1,00}\text{S}_2$	n.a.: no analizado
(5) $\text{Fe}_{0,01}\text{Ag}_{1,04}\text{Pb}_{1,56}\text{Bi}_{2,57}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(10) $\text{Ag}_{1,18}\text{Pb}_{1,69}\text{Bi}_{2,43}(\text{S}_{5,98}\text{Te}_{0,02})$	(16) $\text{Ag}_{0,83}\text{Bi}_{0,99}\text{S}_2$	* Según Mayor et al. (1986)
	(11) $\text{Ag}_{1,29}\text{Pb}_{1,30}\text{Bi}_{2,57}(\text{S}_{5,99}\text{Te}_{0,01})$	(17) $\text{Ag}_{1,05}\text{Bi}_{0,64}\text{S}_2$	

sensiblemente mayor que el de las otras sulfosales analizadas (<12 %peso), mas ricas en Pb (Tabla 1, análisis 1 al 11). Las matilditas de la mineralización de La Acebeda-Robregordo muestran unos contenidos en Ag (>25 %peso) aún mayores (Tabla 1, análisis 14 al 17).

Minerales asociados

A destacar es la presencia de galena con unos contenidos anormalmente altos en Bi y Ag, y otras casi libres de estos elementos (Fig. 1). Las primeras (Tabla 1, análisis 18 y 19) muestran unas propiedades ópticas ligeramente diferentes a las de las galenas puras, tales

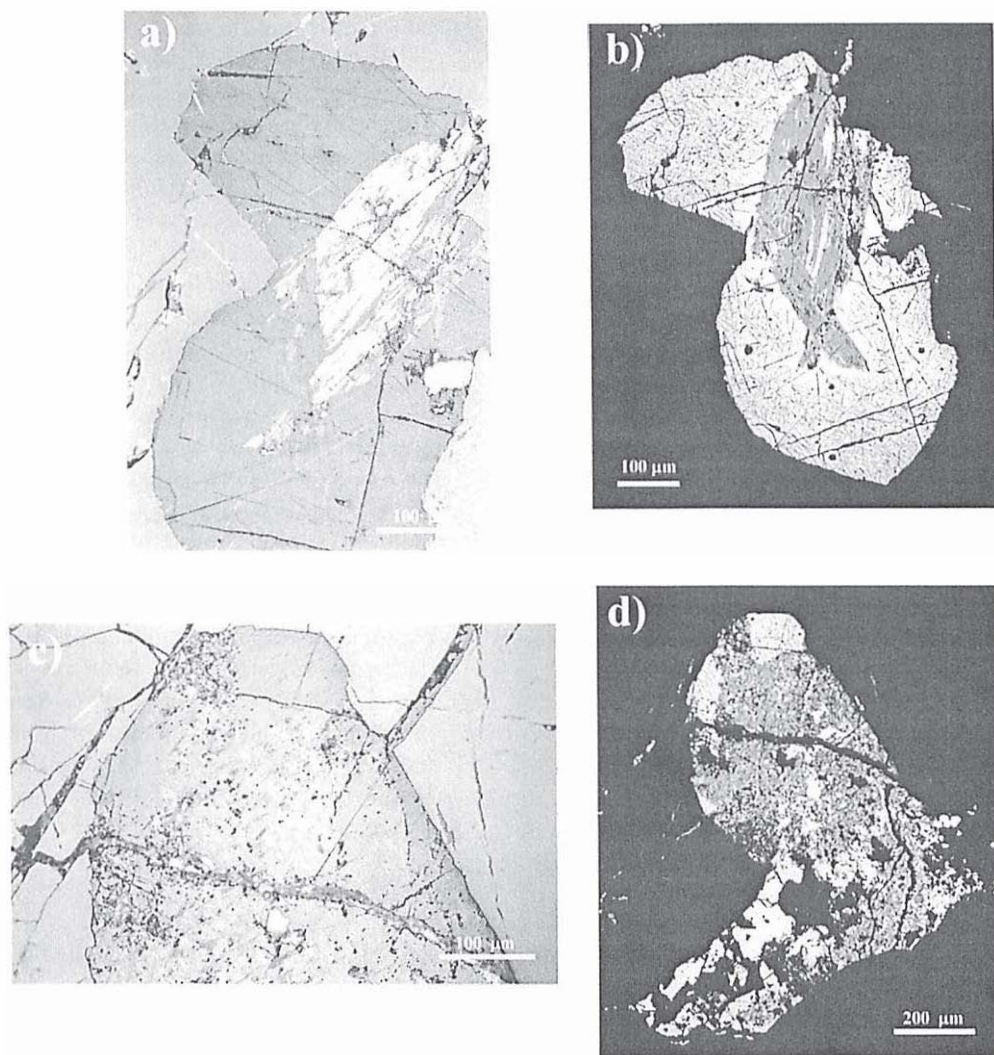


Figura 2.- (a) Cristales tabulares de sulfosales de Ag-Bi-Pb (gris claro) incluidos en galena (luz reflejada, N.C.), (b) Misma imagen que (a) con microscopía electrónica en imagen de electrones retrodispersados (gris oscuro: sulfosales de Ag-Bi-Pb), (c) Laminillas de matildita (gris claro) en galena (luz reflejada, N.C.), y (d) Misma zona que (c), obtenida con microscopía electrónica en imagen de electrones retrodispersados (gris oscuro: matildita).

como un color mas azulado, ausencia de figuras de exfoliación e inclusiones de bismuto nativo. Las sulfosales de Ag-Bi-(Pb) se encuentran intercrecidas con este tipo de galena.

Discusión y conclusiones

Las sulfosales de Ag-Bi predominantes en la mineralización de Bustarviejo son las fases ricas en Pb (schirmerita), mientras que las pobres en Pb (matildita) se encuentran únicamente como fases minerales accesorias. La última etapa mineralizadora (estadio III: Pb-Ag-Bi) muestra una variación composicional continua desde galenas practicamente puras, galenas con cantidades apreciables de Ag y Bi, sulfosales de Ag-Bi-Pb, hasta sulfosales de Ag-Bi y bismuto nativo (Fig.1). Esto sugiere un empobrecimiento en Pb de los fluidos mineralizadores así como un enriquecimiento en Ag y Bi de las fases finales del proceso mineralizador, coherente con el desarrollo de procesos de exsolución de unas fases en otras, como el de las sulfosales de Ag-Bi-Pb en galena. La ausencia de análisis de Pb en las sulfosales de la mineralización de La Acebeda-Robregordo, debido a las limitaciones analíticas del momento en que se realizó el trabajo, probablemente no permitió caracterizar adecuadamente las sulfosales presentes. Este hecho, unido a las similitudes mineralógicas con la mineralización de Bustarviejo, permite suponer la presencia de una mayor variedad de sulfosales de Ag-Bi-Pb en La Acebeda-Robregordo y, por tanto, en otras mineralizaciones del mismo tipo de la Sierra de Guadarrama, tales como Tamajón y Prádena del Rincón (Martínez Frías, 1986).

Bibliografía

Cánepa, C. (1967): Contribución a la metalogenia de la Sierra de Guadarrama (Hojas 484 y 509. Prov. Madrid). Ph D

- Thesis. Univ. Complutense, 109 p.
- Cook, N.J. (1998): Bismuth sulphosalts from hydrothermal vein deposits of Neogene age, N.W. Romania. *Mitt. Österr. Miner. Ges.* 143, 19-39.
- Foord, E.E. y Shawe, D.R. (1989): The Pb-Bi-Ag-Cu-(Hg) chemistry of galena and some associated sulphosalts: a review and some new data from Colorado, California and Pennsylvania. *Can. Mineral.* 27, 363-382.
- Martínez Frías, J., Vindel, E., Lunar, R. (1984): Estudio textural y metalogénico de la mineralización de Bustarviejo (Sierra de Guadarrama). *Rev. Mat. Proc. Geol.* 2, 177-192.
- Martínez Frías, J. (1986): Mineralogía y metalogenia de las mineralizaciones de Ag del Sector Oriental del Sistema Central. Ph D Thesis. Univ. Complutense, 379 p.
- Mayor, N., Vindel, E., Lunar, R. (1986): Metalogenia de las mineralizaciones argentíferas del Sistema Central: Zona de La Acebeda-Robregordo. *Bol. Geol. Min.* 96, 473-485.
- Ramdohr, P. (1969): The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press, 1174 p.
- Samper, J. (1977): Estudio metalogénico y evolución de la minería en la mina Mónica de Bustarviejo. *Tecniterrae* 19, 14-22.
- Vindel, E. (1982): Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). Parte I. *Bol. Geol. Min.* 93, 33-58.

Recibido: Junio 2003

Aceptado: Noviembre 2003